



BYGG ROBOTAR

Är det svaret på byggbranschens utmaningar?

Det händer mycket inom byggbranschen just nu som kan peka ut riktningen för framtiden. Cementa deltar i branschöverskridande utvecklingsarbeten, men initierar och driver också egna projekt, bland annat med att **utveckla innovativa produktionstekniker som robotik, automation och IoT för byggande i betong.**

TEXT: ROBERT LARSSON

Byggrobotik håller på att etableras som ett område med stor potential att förändra existerande värdekedjor och affärsupplägg och inte minst hur vi bedriver produktion idag. Därför har ett centrum för just byggrobotik etablerats vid Lunds Tekniska Högskola med Cementa som en av femton samarbetsparter.

Byggbranschen är i starkt behov av förändring inom flera områden. Sedan lång tid

tillbaka finns stora utmaningar med produktivitet, byggnadskvalitet, trygg och jämlik arbetsmiljö och inte minst klimatpåverkan. Byggindustrin, som omsätter över 500 miljarder kronor per år, har inte bara klart lägre produktivitet jämfört med tillverkningsindustrin utan produktiviteten har även försämrats när man jämför 2017 med 1993, året då mätningen började. Sedan 1992 har byggnadsprisindex ökat trefaldigt. Ett annat problem är att dagens byggverksamhet är en fragmenterad process med många olika aktörer involverade, från pro-

jekttering till färdig byggnad. Att 30 till 40 olika aktörer är involverade i ett enda byggnadsprojekt är inte ovanligt.

Utmärkande för bygg- och anläggningsbranschen är även att den är starkt mansdominerad och exkluderande. Många arbetsmoment är fortfarande ofta tunga, vilket ökar risken för olyckor och utsliten arbetskraft innan uppnådd pensionsålder. Byggsektorns klimatpåverkan är ett annat centralt område där branschen har åtagit sig att kraftigt minska sina utsläpp. Men enligt Boverkets mätningar från 2018, ökar

bygg- och fastighetssektorn utsläppen av exempelvis växthusgaser jämfört med året innan. I cement- och betongbranschen pågår därför en kraftfull satsning, både för att uppnå förbättringar på kort sikt och för att all cement- och betongtillverkning i Sverige ska vara klimatneutral år 2045.

AUTOMATISERING OCH FLEXIBLA ROBOTAR ÖPPNAR UPP NYA MÖJLIGHETER

Många anser att det finns ett samband mellan ovanstående utmaningar i byggbranschen. Cementa har deltagit i och deltar fortsatt aktivt i att etablera branshens gemensamma arbeten inom bland annat BIM Alliance och Smart Built Environment, båda inom digitaliseringsområdet. Men för att lyckas krävs en ökad samverkan mellan olika typer av kompetens och ett ökat fokus på en obruten värdekedja från projektering (kvalitet) och produktionsberedning till byggplats, både vad gäller platsgjutet och prefab. Därför gör vi en framåtriktad kraftsamling tillsammans med andra aktörer för att automatisera betongbyggandet.

Exempel där Cementa är en drivande aktör är följande tre projekt - det Vinnova-finansierade projektet ACon 4.0 - Byggautomatisering¹, Uppkopplad byggplats, ett strategiskt projekt inom Smart Built Environment, och ett projekt finansierat av Boverket som heter "Innovativt bostadsbyggande genom flexibla robotar i samverkan med människor".

Dagens etablerade teknik för automatisering i andra sektorer har utgått från en storskalig användning kopplad till massproduktion där flera robotar i en arbetslinje var och en gör avancerade och ibland flera moment, men alltid på samma sätt. Det som behövs inom byggsektorn är istället enstaka robotar som kan göra olika moment olika för varje gång. Ett exempel är konstruktionsarmering. Via digital input från den faktiska situationen behöver den göras på olika sätt varje gång. På samma sätt ska en murningsrobot inte bara kunna mura, utan även placera in dörrar och fönster på rätt platser, vilket är annorlunda från vägg till vägg.

Utvecklingen av flexibla robotar sker nu även i andra industrier med den skillnaden att väldigt få aktörer, även i Sverige, arbetar med byggautomatisering. Det finns en del prototyplösningar och kommersiella försök att införa automation i byggsektorn, till exempel murningsroboten SAM100 och konstruktionsroboten HADRIAN, men än så länge saknas kommersiella genombrott.

1. ACon 4.0 står för Innovative Agile Construction for globally improved sustainability



Test av torrurning med ABB IRB 2400 robot vid robotlabbet vid Lunds Tekniska Högskola.

Foto: Petra Jenning

Kanske beror detta på att dessa exempel är mycket komplexa och utformade för att helt ersätta människor. Frågan är om sådan fullständig automation kommer att vara ekonomiskt försvarbart inom en överskådlig framtid.

ACon-projektet som drivs av bland andra Cementa, undersöker istället en motsatt ansats med småskalighet i både teknik och affärsmässig samverkan för att komma runt den identifierade problematiken. ACon-projektet sammanfattar och bygger vidare på erfarenheter från flera av Cementas tidi-

gare projektarbeten. Målet är att koppla samman automatisering via småskalig robotteknik och anpassade byggsystem med den tidiga digitala projekteringen i en obruten reversibel informationskedja. Denna metod, som vi kallar ACon-metoden, är unik och vi undersöker om den har potential att förändra den traditionella byggbranschen i grunden.

Vår ansats är att detta på sikt ska leda till att dessa flexibla robotar med lägre investeringskostnad (än traditionella industrirobotar) blir mer tillgängliga för användning i

» byggprojekt. De ska kunna användas för att utföra en rad olika arbetsuppgifter som idag antingen är komplicerade för människor att utföra, är ensidiga eller dåliga ur arbetsmiljösynpunkt, eller för att frigöra tid åt yrkesarbetare att fokusera på andra mera värdeskapande arbetsuppgifter. Det kan handla om utsättning, datainsamling, armering, gjutning, murning, putsning, montering av element och fönster. På sikt kan detta vara positivt för produktivitet utvecklingen, bidra till säkrare arbetsplatser och bättre arbetsmiljö. Det innebär också att en ny typ av kompetens inom automatisering och robotik behövs på arbetsplatserna som

kan bidra till att ökad mångfald och jämställdhet. Robotisering av produktionen kan också bidra till ny spännande arkitektur men även till nya lösningar som förbättrar boendekvaliteten.

Förslaget med småskaliga, generiska robotar är nydanande och dess låga investeringskostnad och robusthet möjliggör automatisering på byggarbetsplatsen, men kan också med fördel användas inom prefabticillverkningen. Målet är att ta fram anpassad robotisering för samverkan med arbetare på byggarbetsplatsen. ACon byggautomation inbegriper förslag på hur storskalig tillverkning i fabrik och småskaligt byggande på byggarbetsplats kan kombineras.

ROBOTTEKNIK TESTAS NU I SKARPT LÅGE

I FLERA PROJEKT

Vi har redan påbörjat ovanstående ansatser genom ett års arbete med Boverketprojektet och även kartlagt byggsektorns stora och komplexa samhällsutmaningar, problem och behov. Huvudfokus för ACon, som påbörjades i början av 2020, är att testa, utveckla och utvärdera möjligheterna till kommersiell svensk och global uppskalning. Vi förväntar oss att resultaten och effekterna i robotiseringen bland annat kommer att bidra till hög produktivitet och därmed förbättrad lönsamhet samt jämställda och säkra arbetsplatser. Fokus i ACon-projektet är på fasader och ytterväggar men själva ACon-metoden är tillämpbar i alla byggapplikationer.

De deltagande femton aktörerna i projektet "Byggautomatisering" representerar en stor bredd med representanter för materialleverantörer, arkitekter, byggentreprenörer, robotföretag, systemintegratörer, forskare, byggherrar, förvaltare och investmentbolag. Vi har även etablerat ett internationellt samarbete med ledande experter inom byggrobotik via det tyska ByggIndustri 4.0-projektet Internet of Construction (www.internet-of-construction.com), som omsätter 5,4 miljarder Euro och som nyligen invigt en fullskalig testbädd för byggautomatisering i verklig utomhusmiljö. All kompetens inom ACon-gruppen är samlad i ett robotlab på LTH där byggbranschen framöver har möjlighet att testa och demonstrera marknadsnära byggautomationstekniker. Delar av projektkonstellationen har även besökt NCCR² i Zürich som är ett av de ledande forskningscentra inom digital design och byggrobotik.

Ett annat intressant genomfört projekt är SBUF-projektet Produktionsautomation i betongbyggandet som utfördes under 2018-



3D-printade betongpelare vid ETH i Zürich. Varje pelare är 2,7 m hög och printades på 2,5 timme.

Källa: MAS DFAB in Architecture and Digital Fabrication, ETH Zürich.

2019 inom samma nätverk för byggrobotik på Lunds Tekniska Högskola, LTH. Från näringslivet bidrog förutom Cementa även Cognibotics, CBI, Fojab och Peab. Arbetet delfinansierades av SBUF, Cementa, och Smart Built Environment genom Uppkopplad byggplats.

Projektet visade att det krävs en utvecklad interaktion mellan människa och robot för att få byggande robotar i reell miljö. Det krävs även ett standardiserat och effektivt digitalt informationsflöde från design till byggd struktur liksom maskinläsbara handlingar och dokument. Robotar måste dessutom vara robusta och tåla slitage, smuts och väta. Generellt krävs kunskap och kompetens kring hantering och programmering av robotar inom bygg. Projektet visade klart att ju tidigare roboten kan introduceras i



Glidformsgjutna fasadpelare i EMPA House Zürich. Pelare har en geometri som är anpassad efter aktuell lastpåverkan.

2. www.dfab.ch/

Foto: Axel Crettenand och Keerthana Ubaykumar, Digital Building Technologies, ETH Zürich

» design och projektering desto tydligare kan dess kapacitet utnyttjas för smarta och nya lösningar.

Det är även uppenbart att den digitalisering som pågår i branschen med utveckling av digitala standarder och allt mer fokus på digitala modeller som informationsbärare, är en förutsättning för robotisering och automation.

DIGITALISERING OCH SENSORSYSTEM FÖR BETONG I UPPKOPPLAD BYGGPLATS

Ett viktigt och närliggande projekt till de två som presenterats ovan är det Vinnova-finansierade projektet Uppkopplad bygghuset som pågår under 2017-2021.

Projektet består av fem testbäddsprojekt som syftar till att digitalisera byggandet. Testbädd nr 3, där jag är huvudansvarig, fokuserar på digitalisering och sensorsystem för betong. Här arbetar vi med att testa olika typer av sensorer samt metodik för att integrera data med digitala modeller/system. Målsättningen är att arbetet kan bidra till att stödja utveckling och introduktion av klimatförbättrad betong (lägre CO₂), minska kostnader i produktionen, uppnå säkrare arbetsplatser och ge uppslag till nya innovationer/affärsmöjligheter.

Intresset och användningen av moderna sensorsystem ökar vilket är bra. I produktionen finns flera fördelar med tekniken, bland annat att man hela tiden har koll på kritiska egenskaper hos betongen, till exempel aktuell hållfasthet och när man kan riva formen. Men för att uppnå stora effekter måste systemen möjliggöra delning av data och strukturerad lagring så att mätdata kan analyseras på ett vettigt sätt. Detta är viktigt, dels då något går fel så att bakomliggande orsaker kan identifieras på ett korrekt sätt, dels för att verifiera att nya produkter, till exempel klimatförbättrad betong, fungerar som tänkt. Det är också viktigt för att ge bättre underlag för entreprenörer att "optimera" produktionscykler. För cement/betongtillverkare är det ett viktigt underlag för att vidareutveckla produkter så att de blir än mer klimatförbättrade.

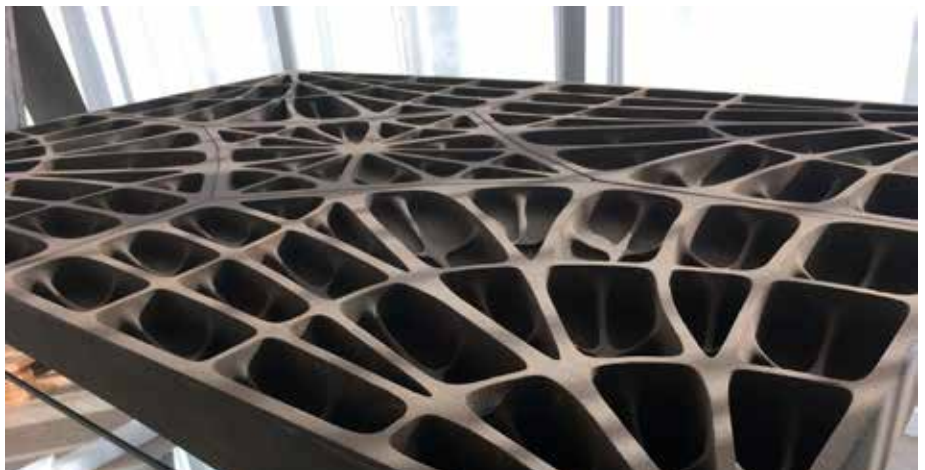
Växande intresse för klimatförbättrad betong innebär också att det generellt blir än viktigare att kunna prognosticera och följa upp härdningsförlopp. Här har alltså moderna sensorsystem en viktig funktion att fylla. Men det kräver att data från olika sensorer kan synkas och att projektförut-

3D-printat ribb-bjälklag av betong som kan demonteras utvecklat av Block Research Group vid ETH Zürich. Plattan består av fem stycken oarmerade element som via valvverkan kan belastas.



3D-printing av dubbelkrökta betongstrukturer. Roboten skapar först önskad topologisk form på grusbädden och printar sedan betong ovanpå. [RobArch 2018, ETH Zürich].

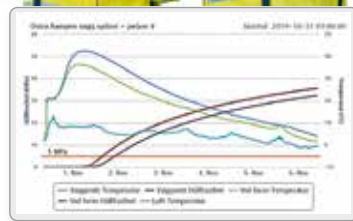
Foto: Petra Jenning



Digital tvilling över byggprojekt med sensornoder digitalt representerade. Sensordata lagras till aktuell gjutetapp.



Sensorer mäter betongegenskaper och väderförhållanden. Mätdata skickas trådlöst till webb-databas.



Temperatur- och hållfasthetsutveckling fås i realtid via surfplatta eller smartphone.

I projektet Uppkopplad byggsplats testas bland annat lösningar för ökad spårbarhet av mätningar genom att integrera mätdata från trådlösa sensorsystem med digital tvilling.

Källa: Peab, Celsicom

» sättningar kan dokumenteras på ett strukturerat sätt. Insamling av data med hjälp av sensorer möjliggör dessutom att vi kan använda AI för att analysera och hitta ”nya” samband i de datamängder som finns.

I Testbädd nr 3 genomförs olika deltester. Det första handlar om digitalisering och sensorsystem i anläggningsbyggande och genomförs av Peab i deras projekt i Olskroken i Göteborg. Deltest 2 utgörs av automatiserad torkprocess i ett flerbostadshus i Borås. Det tredje testet gäller prognos och mätning vid byggandet av det 245 m höga Karlatornet i Göteborg vilket kommer att bli Nordens högsta byggnad.

Det arbete som genomförs i Uppkopplad byggsplats ansluter delvis till mitt eget forskningsprojekt på LTH, avdelningen för konstruktionsteknik. Min forskning fokuserar på modellering och simulering av olika faktorer som påverkar produktiviteten vid uppförande av betongstommar, dvs. produktionsfokus. Mer specifikt undersöks bland annat inverkan av väderförhållanden på manuella arbeten samt härdning av betong. Som en del i detta använder jag data från bland annat betongsensorer (samt data från klimatsensorer) för att verifiera indata till min simuleringsmodell.

Några viktiga aspekter som min forskning belyser och som delvis korrelerar med till exempel Uppkopplad byggsplats är just

inverkan av väderförhållanden, vilka är viktiga att beakta vid produktion av betongstommar, speciellt platsgjutning. Efterfrågan på klimatförbättrad betong gör detta ännu viktigare då denna typ av betong är mer känslig för väder jämfört med traditionell betong.

Betong är vårt viktigaste byggmaterial då det används på så många sätt i både hus- och anläggningskonstruktioner. Ofta är betong det enda realistiska materialvalet. Det är därför viktigt att fortsätta utveckla materialet och tillhörande produktionsmetoder för att på så sätt bidra till ett effektivt och hållbart byggande. Sensorteknik, robotteknik, digitalisering utvecklas i allt snabbare takt och det finns redan goda exempel både på lösningar och företag som kan och vill åstadkomma förändring. Branschens utmaningar kommer ta tid att lösa men byggrobotar kan mycket väl spela en viktig roll i denna strävan. ■



ROBERT LARSSON

Projektledare FoU Cementsa Malmö
Projektkoordinator ACon 4.0
Testbäddsansvarig Uppkopplad byggsplats
Industridoktorand LTH

FAKTARUTA

Huvudsyftet med **SBUF-projektet "Produktionsautomation i betongbyggandet"** var att undersöka hur robotisering och automation kan stärka svenskt betongbyggande. I projektet identifierades och kategoriserades knappt 60 olika tekniker för automation och robotisering, från fjärrstyrda maskiner till fullt autonoma robotar. Teknikernas potentiella påverkan utvärderades utifrån produktivitet, arbetsmiljö, produktkvalitet, produktinnovation och miljöpåverkan. Slutrapporten 13610 Produktionsautomation i betongbyggandet finns på www.sbuf.se/Projektsida

Projektet "Uppkopplad Byggsplats"

drivs inom Smart Built Environment och projektledare är Linköpings Universitet. Syftet är att undersöka hur den pågående digitaliseringen kan bidra till förändrade arbetssätt inom byggsektorn. Förutsättningen för digitaliseringen är att det finns en bra och säker uppkoppling på byggarbetsplatsen. Projektet består av fem testbäddsprojekt om digitalisering av byggandet. Varje testbädd är en plattform för att testa och utvärdera innovativa tillämpningar med ambitionen att skapa exempel på den uppkopplade byggsplatsen genom att ett antal ledande bygg- och IKT-aktörer samverkar mot en gemensam målsättning. Målsättningen är en hållbar effektivisering av byggandet med digitalisering som katalysator.

Projektet "Innovativt bostadsbyggande"

genom flexibla robotar i samverkan med människor syftar till att produktionsautomatisera byggproduktionen genom överföring av kunskap från den tillverkande industrin. Genom att automatisera byggprocessen kan antalet arbetsplatsolyckor och sjukdomar minska med 2/3. I projektet används småskalig robotteknik med låg investeringskostnad som underlättar arbetet på byggsplatsen och blir bra hjälpmedel/ assistenter som förbättrar arbetsmiljön och kan ge upp till fem gånger effektivare produktion.

Centrum för byggrobotik vid Lunds Tekniska Högskola utgörs av ett 15-tal aktörer både från universitet och från industrin. Samarbetet startade redan 2017 men har allteftersom vuxit med fler anslutna företag.